

PENGARUH PAPARAN SUHU EKSTREM PANAS DI LINGKUNGAN KERJA TERHADAP KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI BAJA

EFFECTS OF EXTREMELY HIGH TEMPERATURE IN A WORKING ENVIRONMENT TOWARD STEEL PLANT WORKERS

Hayyu Rakhmia¹⁾, Tresna Dermawan Kunaefi²⁾, dan Katharina Oginawati³⁾

Program Studi Teknik Lingkungan, ITB, Jl. Ganeca 10 Bandung, 40132

email: ¹⁾ rmia_j@yahoo.com; ²⁾ itdk@itb.ac.id; ³⁾ ogi@elga.net.id

Abstrak : Paparan panas ekstrem telah menjadi permasalahan yang banyak terdapat di lingkungan industri dan dapat mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan, berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja dan dapat menurunkan produktivitas kerja. Kajian terhadap stress panas dan pengaruhnya terhadap kesehatan menjadi hal yang penting untuk mengendalikan kinerja perusahaan. Penelitian dilakukan di unit peleburan dan pengecoran pabrik baja PT. X yang merupakan industri baja terpadu di Indonesia. Analisa dilakukan dengan melakukan pengukuran stress panas yang diberikan lingkungan dan pengukuran terhadap berbagai parameter kesehatan. Pengukuran stress panas dilakukan dengan metoda Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB), sedangkan pengukuran parameter kesehatan dilakukan dengan mengukur tekanan darah, denyut nadi dan suhu tubuh pekerja yang dilakukan sebelum dan sesudah bekerja di bawah paparan panas. Objek studi terdiri dari 13 orang pekerja pengecoran, 22 orang pekerja peleburan dan 22 orang kelompok kontrol yang tidak terkena paparan panas. Pekerjaan di PT. X memiliki beban kerja ringan (700-800 kkal/8jam) dengan rata-rata nilai ISBB di peleburan sebesar $34,26 \pm 1,1$ °C dengan waktu kerja di bawah paparan stress panas 5,75-8,63%. Nilai rata-rata ISBB di pengecoran sebesar $32,3 \pm 1,52$ °C dengan durasi kerja di bawah paparan panas sekitar 47,5%. Kedua nilai ISBB melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan, yaitu sebesar 32,2°C untuk waktu kerja 25%. Pengukuran parameter kesehatan menunjukkan peningkatan suhu tubuh pada durasi paparan panas yang lebih tinggi dan peningkatan denyut nadi sebagai kompensasi peningkatan suhu tubuh. Pendataan melalui kuesioner menunjukkan beberapa keluhan yang merupakan gejala awal adanya heat strain, seperti heat cramp, heat exhaustion, dehidrasi dan beberapa cedera serta luka bakar. Upaya pengendalian dapat dilakukan dengan melakukan pembatasan durasi kerja di unit pengecoran dan pengendalian terhadap faktor fisika untuk mengurangi stress panas di kedua lokasi.

Kata kunci : pabrik baja, ISBB, tekanan darah, tekanan panas ekstrem.

Abstract : Extreme heat exposure has become major problem in industrial environment that potentially cause health issues, accidents in working area, and may further decrease labor efficiency. Observing heat stress and its effect towards worker's health become crucial to control company's productivity. Research has been conducted to measure heat stress from steel plant environment and its exposure to several health parameters in melting and casting unit of PT. X, Indonesia. Heat stress measurement has been conducted using wet bulb globe thermometer. Health parameters were measured before and after the heat stress exposure, including the worker's blood pressure, body temperature and pulse rate. Research objects (samples) consist of 13 casting unit workers, 22 melting unit workers, and 22 workers as control. PT. X workers have light work load (700-800 kcal in total 8 hours working duration). Measurement on melting unit workers show an average 34.26 ± 1.1 °C WBGT index in 5.75-8.63% of total work hours. Measurement on casting unit workers showed an average 32.3 ± 1.52 °C WBGT index in 47.5% of total work hours. Both WBGT index values exceed the permissible limit, which is 32.2°C for 25% of total work hours. Health parameter measurement showed an increase body temperature on longer heat stress exposure and followed by an increase of pulse rate as its compensation. Relative risk (RR) calculation showed a risk of health parameters deviation from its normal range on the exposed samples (research objects). Result from questioner showed several symptoms of early heat strain, such as heat cramps, heat exhaustions, dehydration, and heat-related injuries. Immediate evaluation on heat exposure time limit within the casting unit's work hour and also controlling physical factors in both locations should be advised in order to reduce heat stress.

Keywords : blood pressure, extreme heat stress, steel plant, WBGT.

PENDAHULUAN

Kemampuan melakukan kerja fisik bergantung pada kemampuan sel-sel otot untuk mentransformasi energi kimia dalam makanan yang dikonsumsi menjadi energi mekanik untuk kerja otot. Kemampuan tersebut secara langsung dan tidak langsung dipengaruhi faktor lingkungan eksternal, polusi udara, kebiasaan merokok dan konsumsi alkohol (Price & Hicks, 1979; Kahn & Cooper, 1990 dalam Rodahl, 2003), bising, cuaca dingin, panas yang intens, tekanan gas tinggi, dan ketinggian (Rodahl, 2003).

Bekerja di lingkungan panas atau hangat dapat menimbulkan stress yang lebih besar dibandingkan bekerja di lingkungan netral dengan beban kerja yang sama (Havenith, 1999). Paparan panas yang intens dapat menurunkan ketahanan tubuh (*endurance*) karena kebutuhan volume sirkulasi darah yang lebih tinggi untuk transportasi panas (dibandingkan untuk transpor oksigen) dan dikarenakan efek dehidrasi akibat paparan panas sebagai akibat hilangnya cairan tubuh oleh keringat (Rodahl, 2003). Lebih jauh paparan panas ekstrem dapat menimbulkan berbagai penyakit akibat panas (*heat strain*), seperti *heat syncope*, *heat rashes*, *heat cramp*, *heat exhaustion* dan *heat stroke* (Occupational Health and Safety Service, 1997).

Panas dan transfer panas bergantung pada iklim mikro dan lingkungan eksternalnya. Iklim mikro adalah lingkungan mikro antara pakaian dan permukaan kulit, sedangkan lingkungan eksternal adalah lingkungan di luar pakaian (Parsons *et al.*, 1999). Beberapa parameter yang relevan pada pertukaran panas antara lain adalah suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan insulasi pakaian. Suhu dapat dibedakan menjadi suhu udara, suhu radian dan suhu permukaan. Suhu udara menentukan pertukaran panas secara konvektif, suhu radian menentukan pertukaran panas secara radiasi yang sangat mudah meningkatkan suhu di permukaan kulit, sedangkan suhu permukaan dapat menyebabkan transfer panas secara konduktif apabila bersentuhan dengan benda yang panas atau dingin. Suhu permukaan di atas 45°C dapat menyebabkan kulit terbakar, sebaliknya suhu permukaan yang dingin dapat menyebabkan *frostbite* dan rasa sakit pada kulit. Kelembaban udara menggambarkan jumlah uap air di lingkungan yang menentukan banyaknya uap air dalam bentuk keringat yang dapat diuapkan ke lingkungan dan sebaliknya. Konsentrasi keringat pada kulit yang lebih besar dibandingkan jumlah uap air di lingkungan dapat menyebabkan pelepasan panas secara evaporatif ke lingkungan. Evaporasi keringat membutuhkan energi yang sangat besar untuk mengubah cairan keringat menjadi fasa gas, sehingga cara ini memiliki peranan yang sangat besar dalam pelepasan panas tubuh (Guyton, 1994). Kondisi uap air yang melawan gradien konsentrasi dapat menimbulkan stress ekstrem dan hanya diperbolehkan untuk paparan yang singkat. Lingkungan panas ekstrem dan lembab mengakibatkan tubuh memanas dengan cepat. Kecepatan angin akan mempengaruhi pelepasan panas konvektif dan evaporatif. Peningkatan kecepatan angin akan mempercepat transfer panas. Insulasi pakaian memberikan fungsi pertahanan terhadap panas dan transfer uap antara kulit dan lingkungan, karenanya pakaian bisa melindungi tubuh dari paparan suhu ekstrem panas dan dingin namun pada saat yang bersamaan pemakaian pakaian pelindung yang tidak sesuai dapat menimbulkan *heat strain* (penyakit akibat panas) yang tidak dapat ditoleransi, yang diakibatkan oleh efek menghambat pelepasan panas ke lingkungan (Havenith, 1999).

Suhu tubuh inti normal yaitu sekitar 37°C, diperoleh dengan menyeimbangkan (*balancing*) panas yang dihasilkan oleh tubuh dan panas yang dilepaskan, sehingga tubuh berada dalam kisaran yang relatif konstan (*homeostasis*). Jumlah energi yang dibutuhkan pada saat tubuh beristirahat adalah untuk menjalankan fungsi basal tubuh, misalkan fungsi respirasi dan sirkulasi. Saat bekerja, kebutuhan otot-otot yang aktif terhadap oksigen dan nutrisi meningkat sehingga aktivitas metabolisme ikut meningkat (Havenith, 1999). Energi yang dihasilkan digunakan sebagai kerja eksternal, namun sebagian besar dilepaskan pada otot sebagai panas. Apabila panas yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan panas yang dilepaskan, maka suhu tubuh dapat meningkat. Panas yang dihasilkan harus bisa dilepaskan oleh tubuh agar panas tubuh tidak

mencapai tingkatan letal. Pelepasan panas dapat terjadi melalui berbagai cara, yaitu konduksi, konveksi, radiasi dan evaporasi keringat. Pelepasan panas tubuh juga bisa terjadi melalui proses respirasi, yaitu ketika udara inspirasi yang lebih dingin dibandingkan jaringan dalam paru-paru dihangatkan dan dilembabkan. Pelepasan panas terjadi melalui udara ekspirasi, dan dapat mencapai 10% dari total panas yang dihasilkan (Havenith, 1999).

Pengukuran gangguan kesehatan akibat panas dapat diperoleh melalui deteksi beberapa parameter vital tubuh yang menjadi indikator adanya gangguan terhadap fungsi organ-organ tubuh dasar. Empat tanda vital tubuh yaitu suhu tubuh, denyut nadi, kecepatan respirasi dan tekanan darah. (University of Virginia Health System, 2006). Pemantauan medis terhadap penyakit akibat panas dapat dilakukan terutama melalui pengukuran suhu tubuh dan denyut nadi (Occupational Safety and Health Service, 1997).

Departemen Tenaga Kerja (1990) mengatur pemantauan lingkungan stress panas dalam industri baja di dalam *Pedoman Penerapan Hiperkes dan Keselamatan Kerja untuk Sektor Industri Baja* dengan melalui tiga metoda, yaitu pengukuran suhu basah alami, perhitungan Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) dan perhitungan *Heat Stress Index* (HSI). Penelitian ini menggunakan metoda perhitungan ISBB yang telah diatur penggunaannya di dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-5 MEN/1999 tentang nilai ambang batas faktor fisika di tempat kerja.

METODA PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. X, salah satu industri baja terpadu di Indonesia. PT. X memiliki tujuh buah pabrik yang berperan pada pembuatan baja terpadu yang meliputi proses *iron making*, *steel making* dan *steel rolling*. Penelitian dilakukan pada tahapan *steel making*, yaitu tahapan produksi yang melibatkan proses termal ekstrem yang paling tinggi (mencapai 1620°C) dan memberikan paparan panas secara langsung terhadap banyak pekerjanya. Penelitian dilakukan Pabrik Slab Baja (SSP) yang memiliki kapasitas produksi paling tinggi (1200 ton/tahun) serta jumlah pekerja yang paling banyak.

Metode Penelitian

Pengukuran terbagi atas dua fokus utama, yaitu pengukuran terhadap paparan stress panas (*heat stress*) dan pengukuran terhadap parameter kesehatan pekerja (*heat strain*). Pengukuran paparan stress panas dilakukan dengan mengukur lima parameter fisika lingkungan kerja, yaitu suhu ambien (T_a), suhu basah alami (T_b), suhu globe (T_g), kelembaban relatif (RH) dan kecepatan angin (v_a). Peralatan yang digunakan adalah sling psikrometer merk *Bacharac*, termometer globe berdiameter 150 mm merk *Sibata* dan anemometer merk *Lutron* tipe AM-4205A. Penentuan stress panas dilakukan dengan menggunakan Indeks Suhu Bola dan Basah (ISBB).

Pengukuran parameter kesehatan meliputi pengukuran tekanan sistolik, tekanan diastolik, denyut nadi dan suhu tubuh. Pengukuran tekanan sistolik dan diastolik dilakukan pada lengan bagian atas dengan menggunakan sphygmomanometer air raksa merk ABN dan stetoskop merk *Littmann*, sedangkan suhu tubuh diukur pada ketiak dengan menggunakan termometer air raksa merk *Safety*. Denyut nadi diukur dengan menghitung banyaknya denyut nadi pada pergelangan tangan dalam satu menit. Pengukuran dilakukan terhadap 35 orang pekerja yang terpapar panas ekstrem, yaitu 22 orang pekerja di unit peleburan dan 13 orang di unit pengecoran. Sebagai kontrol dilakukan pengukuran serupa pada 22 orang pekerja yang bekerja tanpa paparan panas ekstrem. Pembatasan berbagai kriteria, seperti kisaran usia 32 - 45 tahun dan berstatus kesehatan baik, yaitu yang tidak memiliki riwayat penyakit jantung, hipertensi dan diabetes, dilakukan untuk memperoleh keseragaman sampel.

Parameter-parameter stress panas di lingkungan kerja unit peleburan diukur pada jarak tiga meter dari *slagdoor*, yaitu titik di mana para pekerja melakukan berbagai pekerjaannya, seperti pengambilan sampel suhu, pengambilan sampel material, injeksi oksigen, injeksi grafit dan preparasi dapur. Pengukuran dilakukan pada saat *Electric Arc Furnace* (EAF) beroperasi dan sudah memasuki proses yang stabil. Adapun parameter-parameter stress panas di lingkungan kerja unit pengecoran dilakukan di depan *mould* (cetakan baja slab) pada jarak sekitar setengah meter, yaitu lokasi operator pengecoran melakukan pekerjaannya di depan *mould* untuk mengontrol debit baja cair dan melakukan penambahan *casting powder*. Pengukuran dilakukan pada saat proses pengecoran berlangsung dalam keadaan stabil, dan operator melakukan pekerjaannya.

Parameter-parameter kesehatan diukur sebelum dan sesudah pekerja melakukan pekerjaannya di lingkungan kerja panas ekstrem. Pengukuran pertama dilakukan pada saat pekerja belum melakukan pekerjaan di tempat panas, sedangkan pengukuran ke-dua dilakukan sesaat setelah pekerja bekerja di lingkungan panas ekstrem untuk pertama kalinya pada hari pengambilan sampel. Pengukuran parameter kesehatan pekerja peleburan dilakukan setelah pekerja melakukan preparasi EAF sedangkan pengukuran pada pekerja pengecoran dilakukan setelah melakukan proses pengecoran. Seluruh pengukuran dilakukan dalam posisi duduk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Lingkungan

Pengukuran keenam parameter lingkungan fisika menunjukkan bahwa terdapat beberapa perbedaan nyata antara kondisi lingkungan kerja di unit peleburan dan unit pengecoran, yaitu kecepatan angin, suhu globe, dan nilai ISBB (Tabel 1). Perbedaan kecepatan angin disebabkan oleh *blower* yang ditempatkan di belakang operator pengecoran sebagai kontrol teknis yang berfungsi untuk mengurangi efek paparan panas dari *mould*. *Blower* dapat dipindahkan dan diarahkan sesuai dengan selera operator. Kontrol *blower* tidak dapat diterapkan pada unit peleburan dikarenakan pekerja bekerja di depan *slagdoor*. Intervensi angin yang masuk melalui *slagdoor* dapat mengakibatkan oksidasi berbagai logam yang terdapat di dalam EAF dan dapat merusak komposisi baja yang dihasilkan. Nilai suhu globe yang lebih tinggi di peleburan dapat diakibatkan oleh *slagdoor* yang terbuka selama proses peleburan, sehingga paparan panas radiasi berasal dari dinding EAF, serta *slag* dan baja cair yang langsung memancar dari *slagdoor*, sedangkan di unit pengecoran sumber panas berasal dari baja cair yang mengalir di dalam *mould* sehingga terdapat intervensi dari dinding *mould*. Perbedaan suhu globe dapat mempengaruhi nilai ISBB yang merupakan fungsi langsung dari suhu globe dan suhu basah ($ISBB_{indoor} = 0,7 \times T_b + 0,3 \times T_g$), sehingga diperoleh nilai ISBB yang berbeda nyata pada kedua lokasi penelitian.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan (means \pm SD).

Lokasi	T _a (°C)	T _b (°C)	T _g (°C)	v _a (m/s)	RH (%)	ISBB (°C)
Peleburan	33.85 \pm 2.81	28.95 \pm 1.3	46.65 \pm 3.58	0.1 \pm 0.2	70.9 \pm 9.6 1	34.26 \pm 1.1
Pengecoran	34.9 \pm 1.47	29.3 \pm 0.92	39.3 \pm 3.69	5.75 \pm 2.2	69 \pm 6.23	32.3 \pm 1.52
p-value	0,309	0,496	0,000	0,000	0,606	0,004

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan PT. X pada tahun 1990, banyak kalor yang dikeluarkan oleh pekerja di SSP sekitar \pm 700-800 kkal/8 jam (satu shift) kerja, sehingga mengacu pada Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP-5 MEN/1999 tentang nilai ambang batas faktor fisika di tempat kerja, beban kerja yang dilakukan tergolong ringan. Nilai ambang batas ISBB untuk beban kerja ringan adalah 30-32,2°C sehingga ISBB terukur pada kedua lokasi

melebihi batas yang diperbolehkan. Hal ini dapat menimbulkan efek pada kesehatan dan keselamatan kerja.

Durasi Paparan

PT. X memiliki sistem kerja yang terbagi menjadi tiga shift yang berotasi setiap 2-3 hari sekali, sehingga dalam satu minggu pekerja akan menjalani ketiga shift ini sesuai jadwal. Tabel 2 menunjukkan rata-rata hasil pengukuran durasi kerja untuk preparasi EAF dan pengecoran pada ketiga shift. Durasi kerja preparasi EAF dan pengecoran tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada ketiga shift. Namun demikian, rata-rata durasi preparasi EAF dan pengecoran paling lama terdapat pada shift III, sehingga penelitian dilakukan pada shift ini.

Tabel 2. Rata-rata Durasi Preparasi EAF dan Pengecoran di SSP-1.

Shift	Durasi Preparasi EAF (mean ± SD)	Durasi Pengecoran (mean ± SD)	p-value
I (pk. 22.00-06.00)	13,18 ± 4,4 menit	54,27 ± 8,66 menit	0.000
II (pk. 06.00-14.00)	12,72 ± 4,06 menit	55,38 ± 7,47 menit	0.000
III (pk. 14.00-22.00)	15,82 ± 2,93 menit	59,72 ± 10,62 menit	0.000
TOTAL	13,81 ± 7,55 menit	57,06 ± 9,44 menit	0.000
p-value	0,745	0,117	

Durasi preparasi EAF dan durasi pengecoran menunjukkan perbedaan yang nyata karena adanya perbedaan sistem kerja.

Sistem Kerja di Unit Peleburan. Unit peleburan memiliki 3 buah EAF yang beroperasi bergantian. Umumnya dua EAF beroperasi dalam satu waktu, sedangkan satu EAF tidak beroperasi. Akibatnya rata-rata waktu operasi EAF dalam satu shift adalah 6 jam. EAF beroperasi dalam sistem batch yang masing-masing disebut dengan satu Heat, yang rata-rata memerlukan waktu hingga 2,5 jam, sehingga dalam satu shift masing-masing EAF dapat beroperasi 2-3 Heat. Berdasarkan data pada tabel 2, maka rata-rata durasi preparasi EAF dalam satu shift 27,62 – 41,43 menit, yaitu sekitar 5,75 – 8,63 % waktu kerjanya dan 91,37 – 94,25% waktu istirahat (atau kerja tanpa paparan panas).

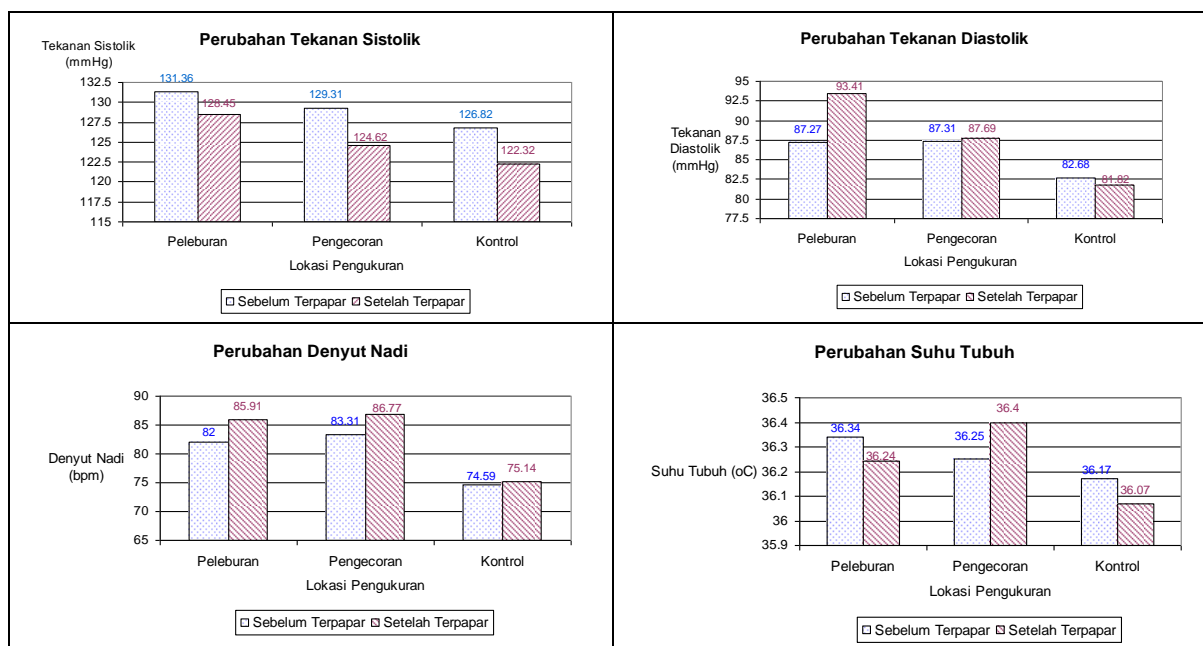
Sistem Kerja di Unit Pengecoran. Unit pengecoran memiliki dua mesin *Continuous Casting Machine (CCM)*, yang dapat dioperasikan bersamaan. Apabila CCM bekerja kontinu selama delapan jam dalam satu shift, maka operator pengecoran bekerja bergantian, dengan waktu kerja masing-masing sekitar ±1 jam, sehingga dalam satu shift operator pengecoran dapat bekerja empat kali. Perhitungan dengan menggunakan data pada Tabel 2 memberikan perkiraan rata-rata durasi pengecoran maksimal 3,8 jam (4 x 57,06 menit). Berdasarkan perhitungan tersebut, rata-rata waktu kerja maksimal dengan paparan panas di pengecoran sekitar 47,5%, dan waktu istirahat sebesar 52,5%

Ketentuan untuk beban kerja ringan dengan 25% waktu bekerja dan 75% waktu istirahat adalah pada batas nilai ISBB sebesar 32,2°C. Unit peleburan memiliki nilai ISBB melampaui NAB, namun waktu kerja yang sangat singkat, sehingga belum tentu terjadi *heat strain*. Lain halnya dengan unit pengecoran, baik nilai ISBB ataupun waktu kerja melebihi NAB yang ditentukan. Kondisi ini sangat beresiko terhadap timbulnya berbagai *heat strain*.

Parameter Kesehatan

Gambar 1 menunjukkan hasil pengukuran parameter kesehatan. Parameter yang diukur disajikan dalam bentuk diagram batang yang menunjukkan rata-rata nilai pengukuran parameter kesehatan sebelum dan sesudah bekerja pada lingkungan yang terpapar panas ekstrem untuk

kelompok peleburan dan pengecoran, sedangkan pada kelompok kontrol menunjukkan hasil pengukuran sebelum dan sesudah bekerja selama delapan jam (satu shift).



Gambar 1. Nilai rata-rata pengukuran parameter kesehatan pada kelompok terpapar (peleburan dan pengecoran) dan kelompok kontrol.

Pengukuran terhadap keempat parameter kesehatan (Gambar 1) menunjukkan adanya penurunan rata-rata tekanan sistolik pada seluruh kelompok, namun pengukuran tekanan diastolik menunjukkan perbedaan pola yang nyata antara kelompok kontrol dan kelompok terpapar ($p < 0,05$). Paparan panas memberikan efek peningkatan tekanan diastolik terhadap kelompok terpapar, sedangkan pada kelompok kontrol tekanan diastolik cenderung menurun setelah bekerja. Hal ini menunjukkan bahwa paparan panas memberikan efek terhadap tekanan internal pembuluh darah pada saat jantung relaksasi. Hal ini juga berkaitan dengan mekanisme vasodilatasi sehingga tekanan reservoir darah yang ditunjukkan oleh tekanan diastol turut meningkat. Apabila terjadi dalam waktu lama memungkinkan terjadi rigiditas sehingga tekanan diastol tidak mampu kembali pada tekanan normalnya, dan memungkinkan terjadinya kelelahan pada jantung. Peningkatan denyut nadi ($p < 0,05$) diakibatkan oleh aktivitas jantung yang bekerja lebih cepat untuk mendistribusikan darah ke area integumen sebagai salah satu cara transfer panas tubuh ke lingkungan eksternalnya. Perbedaan pola juga terlihat pada pengukuran suhu tubuh. Kelompok pengecoran menunjukkan rata-rata suhu tubuh meningkat setelah mengalami paparan panas, sedangkan kelompok peleburan mengalami penurunan suhu tubuh. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh dua hal. Pertama, peningkatan suhu tubuh yang terjadi pada kelompok pengecoran dapat diakibatkan oleh panjangnya durasi paparan panas pada saat proses pengecoran, sedangkan pada preparasi EAF durasi paparan lebih singkat. Kedua, perbedaan pola perubahan suhu juga dapat diakibatkan oleh perbedaan aktivitas yang dilakukan. Pengecoran dilakukan pada posisi berdiri konstan dan tidak banyak melibatkan aktivitas fisik, sehingga berdasarkan pengamatan, pekerja pengecoran cenderung tidak banyak berkeringat. Hal ini berlainan dengan pekerja peleburan yang melakukan proses *gunning* yang lebih dinamis sehingga pekerja banyak melakukan gerakan secara fisik, di samping juga tekanan panas yang diterima (ISBB) lebih tinggi, dan pada akhirnya menghasilkan keringat lebih banyak. Pelepasan panas melalui evaporasi keringat melepaskan panas tubuh jauh lebih besar dibandingkan dengan proses lainnya. Adapun penurunan suhu tubuh pada kelompok kontrol cenderung dipengaruhi lingkungan kerjanya yang dilengkapi pengatur suhu (*air conditioning*) sehingga tubuh melepaskan panas secara konveksi. Perbedaan nilai-nilai parameter kesehatan setelah terpapar

pada ketiga kelompok ditunjukkan pada Tabel 3. Perbedaan yang nyata ditunjukkan pada nilai p-value ($p < 0,05$).

Tabel 3. Perhitungan rata-rata parameter kesehatan.

Variabel	Kelompok Kontrol (n=22)	Kelompok Terpapar			
		Peleburan (n= 22)	P value	Pengecoran (n=13)	P value
Tekanan sistolik (mmHg)	122,32 ± 7,33	128,45 ± 13,74	0,072	124,62 ± 11,08	0,465
Tekanan diastolik (mmHg)	81,82 ± 5,96	93,41 ± 10,04	0,001	87,69 ± 10,13	0,035
Denyut nadi (bpm)	75,14 ± 8,71	85,91 ± 10,04	0,010	86,77 ± 11,71	0,002
Suhu Tubuh (°C)	36,07 ± 0,51	36,24 ± 0,61	0,312	36,39 ± 0,54	0,082

Berdasarkan berbagai parameter pendukung yang diperoleh melalui kuesioner, dilakukan pengujian korelasi dari parameter-parameter kesehatan dengan berbagai faktor, seperti usia, lama kerja, durasi paparan, berat badan, indeks masa tubuh (IMT), asupan susu, kebiasaan makan, merokok, konsumsi alkohol dan kopi. Tidak diperoleh korelasi yang nyata antara parameter kesehatan dengan substansi yang dikonsumsi, seperti rokok, susu dan kopi terhadap parameter kesehatan yang diukur ($p > 0,05$). Kebiasaan mengonsumsi alkohol tidak ditemukan pada seluruh pekerja. Pola makan, berat badan dan IMT memberikan pengaruh yang signifikan pada tekanan darah ($p < 0,05$). Durasi paparan mempengaruhi suhu tubuh secara nyata ($p < 0,05$), karena durasi paparan panas yang tinggi akan meningkatkan penerimaan panas tubuh dari lingkungan yang pada akhirnya meningkatkan suhu tubuh. Peningkatan suhu tubuh dapat mempengaruhi kinerja jantung dan turut meningkatkan denyut nadi. Aktivitas jantung yang direpresentasikan oleh denyut nadi dipengaruhi secara nyata oleh kebugaran tubuh yang merupakan fungsi dari usia, lama kerja, berat badan dan IMT ($p < 0,05$).

Hasil yang diperoleh dari kuesioner juga menunjukkan adanya beberapa keluhan yang menandai adanya gejala awal dari *heat strain*, seperti kram, lemas, berkeringat dalam jumlah banyak, pusing dan dermatitis. Cedera akibat panas, seperti luka bakar juga ditemukan pada beberapa pekerja. Pengujian statistika tidak menunjukkan perbedaan nyata walaupun persentase kasus pada kelompok terpapar lebih tinggi dibandingkan kasus pada kelompok kontrol. Perbedaan nyata ($p < 0,05$) terdapat pada kasus berkeringat yang sangat banyak pada kelompok peleburan. Banyaknya keringat merupakan salah satu tanda awal terjadinya dehidrasi yang dapat mengakibatkan *heat strain*.

KESIMPULAN

Paparan panas ekstrem di lingkungan kerja dapat memberikan berbagai efek negatif terhadap kesehatan. Durasi paparan ekstrem yang lebih lama dapat mengakibatkan suhu tubuh meningkat lebih tinggi. Walaupun perbedaan suhu tubuh yang diberikan tidak nyata, namun memberikan efek terhadap kinerja jantung yang direpresentasikan dengan adanya perbedaan nyata pada denyut nadi kelompok terpapar setelah bekerja di lingkungan panas ekstrem dengan kelompok kontrol ($p < 0,05$), sebagai upaya melepaskan sebagian panas di dalam tubuh. Paparan panas juga mempengaruhi tekanan sistolik dan diastolik dikarenakan adanya mekanisme vasodilatasi. Berbagai faktor yang turut mempengaruhi tekanan darah, denyut nadi dan suhu tubuh adalah faktor kebugaran pekerja, yang tergambarkan melalui usia, pola makan, berat badan, dan indeks massa tubuh. Gejala awal *heat strain* diperlihatkan dengan adanya kasus

berkeringat yang sangat banyak ($p < 0,05$) dalam jumlah yang signifikan dan keluhan kram, lemas, pusing, dermatitis dan luka bakar.

Daftar Pustaka

- Depnaker. "Pedoman Penerapan Hiperkes dan Keselamatan Kerja untuk Sektor Industri Baja". Pusat Pelayanan Ergonomi, Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Depnaker. Jakarta, 1990.
- Guyton, A.C. "Textbook of Medical Physiology. W.B. Saunders Co., 1994.
- Havenith, G. "Heat Balance When Wearing Protective Clothing". Annals of Occupational Hygiene Vol. 43 (1999): pp 289-296
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-5 MEN/1999 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja
- Occupational Health and Safety Services. "Extreme of Temperatures". Department of Labour., Wellington, 1997.
- Parsons, K. C., Havenith, G., Holmer, I., Nilsson, H., dan J. Makhaire. "The Effects of Wind and Human Movement on The Heat and Vapour Transfer Properties of Clothing". Annals of Occupational Hygiene Vol 43(1999): pp 347-352.
- Rodahl, K. "Occupational Health Condition in Extreme Environments". Annals of Occupational Hygiene Vol 47 (2003): pp 241-252
- University of Virginia Health System. "Vital Signs (Body Temperature, Pulse Rate, Respiration Rate, Blood Pressure)". http://www.healthsystem.virginia.edu/uvahealth/adult_nontrauma/vital.cfm (10 Oktober 2006).